

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan tentang Merkuri (Hg)**

Dalam tabel periodik, unsur air raksa atau merkuri (Hg) mempunyai nomor atom (NA) 80 dan termasuk dalam unsur golongan II B. Logam merkuri atau air raksa mempunyai densitas lebih besar dari 5 gr/cm<sup>3</sup>. Di antara semua unsur logam, merkuri menduduki urutan pertama paling beracun dibandingkan dengan kadmium (Cd), perak (Ag), Nikel (Ni), Timbal (Pb), Aksen (AS), Kromium (Cr), Timah (Sn), dan Seng (Zn) (Sikun, 2009). Komponen merkuri banyak tersebar di karang, tanah, udara, air dan organisme hidup melalui proses fisika, kimia, dan biologis yang kompleks (Sudarmaji, 2006).

##### **2.1.1 Karakteristik Logam Merkuri (Hg)**

Logam merkuri (Hg) adalah salah satu trace element yang mempunyai sifat cair pada temperatur ruang dengan spesifik gravity dan daya hantar listrik yang tinggi. Karena sifat-sifat tersebut, merkuri banyak digunakan baik dalam kegiatan perindustrian maupun laboratorium. Menurut Sudarmaji (2006)

Karakteristik logam berat merkuri (Hg) adalah :

Sifat : Merupakan cairan logam; Berwarna abu-abu dan tidak berbau.  
Memiliki kerapatan relatif sebesar 13,5 (air=1).

Kelarutan : Asam nitrat, asam sulfuric panas dan lipid. Tidak larutan dalam air, alkohol, eter, asam hidroksida, hidrogen bromida dan hidrogen iodide.

Titik beku : 38,87°C  
Titik didih : 356,90°C  
Berat jenis : 13.55 gr/cm<sup>3</sup>  
Berat atom : 200,6

### **2.1.2 Dampak Logam Merkuri (Hg) terhadap Lingkungan**

Lingkungan yang tercemar oleh merkuri dapat membahayakan kehidupan manusia melalui rantai makanan. Merkuri terakumulasi dalam mikro-organisme yang hidup di air (sungai, danau, dan laut) melalui proses metabolisme (Widhiyatna, 2005). Bahan-bahan yang mengandung merkuri yang terbuang ke dalam sungai atau laut dimakan oleh mikro-organisme dan secara kimiawi berubah menjadi senyawa methyl-merkuri. Mikroorganisme dimakan ikan sehingga methyl-merkuri terakumulasi dalam jaringan tubuh ikan. Ikan kecil menjadi rantai makanan ikan besar dan akhirnya dikonsumsi oleh manusia (Belami, 2014). Adanya logam berat di perairan dan darat dapat berbahaya baik secara langsung terhadap organisme, maupun efek secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat yaitu : 1) sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaan secara alami sulit terurai (dihilangkan), 2) dapat terakumulasi dalam organisme termasuk dalam organisme kerang dan ikan, dan akan membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsi organisme tersebut, 3) mudah terakumulasi di sedimen, sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi dari konsentrasi logam dalam air (Isa, dkk, 2014).

## 2.2 Limbah Pertambangan Emas Tradisional

Limbah pertambangan emas tradisional merupakan buangan hasil dari berbagai proses pembijian emas yang dilakukan oleh rakyat. Kegiatan penambangan emas tradisional di Indonesia dicirikan oleh penggunaan teknik eksplorasi dan eksploitasi yang sederhana dan murah seperti pendulangan dan tambang semprot (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup, 2008). Proses pengolahan emasnya biasanya menggunakan teknik amalgamasi, yaitu dengan mencampur bijih dengan merkuri untuk membentuk amalgam dengan medium air. Peralatan dan perlengkapan penambangan adalah: cangkul, sekop, pahat, linggis, palu, *genset*, ember, timba (*goelan*) dan tali tambang, pompa air, *blower*, kayu penyangga, sepatu tambang, helm tambang, dan perlengkapan lainnya.

Fungsi dari Peralatan dan perlengkapan yang diperlukan untuk mengolah bijih emas primer adalah:

- 1) Tabung amalgamasi (gelundung), sebagai tempat menggerus batuan sekaligus berfungsi sebagai tempat amalgamasi.
- 2) Kincir air atau *genset* yang berfungsi sebagai penggerak tabung amalgamasi.
- 3) Batang besi baja/media giling/*rod* sebagai alat penggerus batuan.
- 4) Air raksa/merkuri (Hg) yang berfungsi untuk mengikat emas.
- 5) Kapur yang berfungsi untuk mengatur pH agar kondisi luluhan mempunyai pH 9-10.
- 6) Air untuk mendapatkan persentasi padatan yang berkisar antara 30-60 %.
- 7) Dulang atau sejenisnya, sebagai tempat untuk memisahkan air raksa yang telah mengikat emas perak (*amalgam*) dengan sisa hasil pengolahan (*tailing*).

8) Emposan yaitu alat untuk membakar *amalgam* untuk mendapatkan paduan (*alloy*) emas perak (*bullion*).

Pengolahan bijih emas dilakukan oleh penambang maupun pengolah setempat dengan metode amalgamasi cara langsung, yaitu semua bahan/material (bijih emas, media giling, air, kapur tohor, dan air raksa) dimasukkan secara bersama-sama pada awal proses, sehingga tahap pengecilan ukuran bijih emas dan tahap pengikatan emas oleh air raksa (amalgamasi) terjadi secara bersamaan (Widodo, 2008).

### **2.2.1 Logam Merkuri (Hg) pada Pertambangan Emas Tradisional**

Menurut WHO (2007) merkuri (Hg) bisa masuk dalam lingkungan dan tubuh manusia dari berbagai macam sumber seperti pengolahan emas secara tradisional, pembuangan baterai, mainan, cat, pipa, tanah, beberapa jenis kosmetik, bahan pangan, dan obat tradisional serta berbagai sumber lainnya. Pencemaran logam Hg pada limbah yang dihasilkan pertambangan emas tradisional merupakan pencemaran dari produk yang dibuat maupun bahan yang digunakan dalam prosesnya terdapat logam Hg. Limbah yang dihasilkan dalam pertambangan emas tradisional yaitu berupa cairan dan padatan sisa pengolahan yang biasanya disebut sedimen (Widodo, 2008).

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 202 (2004) baku mutu air limbah bagi kegiatan pengolahan bijih emas dan atau tembaga sebagai berikut :

**Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Bagi Kegiatan Pengolahan Bijih Emas Dan Atau Tembaga**

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
1	pH		6-9
2	TSS	Mg/L	200
3	Cu	Mg/L	2
4	Cd	Mg/L	0,1
5	Zn	Mg/L	5
6	Pb	Mg/L	1
7	As	Mg/L	0,5
8	Ni	Mg/L	0,5
9	Cr	Mg/L	1
10	CN	Mg/L	0,5
11	Hg	Mg/L	0,005

(Sumber : KMNLH No.202 Tahun 2004)

Menurut Badan Standardisasi Nasional Indonesia (SNI 7387: 2009) batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan sebagai berikut pada tabel dibawah :

**Tabel 2.2 Nilai Ambang Batas (NAB) Logam Berat Hg Dalam Sayuran**

No.Kategori Pangan	Kategori Pangan	NAB (mg/kg)
04.0	Buah dan Sayur (termasuk jamur, umbi, kacang termasuk kacang kedelai dan lidah buaya), rumput laut, biji-bijian, tomat, dan hasil olahannya.	0,03 mg/kg
08.0	Daging dan produk daging, termasuk daging unggas dan daging hewan buruan dan hasil olahannya.	0,03 mg/kg
09.0	Ikan dan produk perikanan termasuk moluska, krustase, dan ekinodermata serta amfibi, reptil dan hasil olahannya.	0,5 mg/kg
	Ikan predator seperticucut, tuna, marlin dll.	1,0 mg/kg
	Kerang-kerangan (bivalve), moluska dan teripang	1,0 mg/kg
	Udang dan krustasea lainnya	1,0 mg/kg

(Sumber : BSNI 7387:2009 Batas Maksimum Cemaran Logam Berat Dalam Pangan)

### 2.3 Tinjauan Lokasi Penelitian

Kabupaten Banyuwangi memiliki luas wilayah 5.782,50 km<sup>2</sup>. Banyuwangi masih merupakan daerah kawasan hutan karena besaran wilayah yang termasuk kawasan hutan lebih banyak kalau dibandingkan kawasan-kawasan lainnya. Area kawasan hutan mencapai 183.396,34 ha atau sekitar 31,62%; daerah persawahan sekitar 66.152 ha atau 11,44%; perkebunan dengan luas sekitar 82.143,63 ha atau 14,21%; sedangkan yang dimanfaatkan sebagai daerah permukiman mencapai luas sekitar 127.454,22 ha atau 22,04%. Kabupaten Banyuwangi memiliki panjang garis pantai sekitar 175,8 km, serta jumlah Pulau ada 13 buah. Seluruh wilayah memberikan manfaat besar bagi kemajuan ekonomi penduduk Kabupaten Banyuwangi.

Secara geografis Kabupaten Banyuwangi terletak di ujung timur Pulau Jawa. Wilayah daratannya terdiri atas dataran tinggi berupa pegunungan yang merupakan daerah penghasil produk perkebunan, dan dataran rendah dengan berbagai potensi produk hasil pertanian serta daerah sekitar garis pantai yang membujur dari arah utara ke selatan yang merupakan daerah penghasil berbagai biota laut. Kecamatan Pesanggaran Kabupaten Banyuwangi Jawa Timur secara geografis terletak di ujung timur Pulau Jawa.

Wilayah daratannya terdiri atas dataran tinggi berupa pegunungan yang merupakan daerah penghasil produk perkebunan dan dataran rendah dengan berbagai potensi produk hasil pertanian serta daerah sekitar garis pantai yang membujur dari arah utara ke selatan yang merupakan daerah penghasil berbagai biota laut (Aminullah, 2012). Berdasarkan data statistik, potensi lahan pertanian di

Kabupaten Banyuwangi berada dalam peringkat ketiga setelah Kabupaten Malang dan Jember. Produk pertanian Kabupaten Banyuwangi diantaranya bayam, kangkung, ketimun, buncis, kacang panjang, kembang kol, terung, cabe besar, bawang merah, cabe kecil, sawi, tomat, kubis, lobak, dan labu siam (Dinas Pertanian & Perkebunan Kab. Banyuwangi, 2016). Batas koordinat kabupaten banyuwangi adalah  $7^{\circ} 43'$  —  $8^{\circ} 46'$  Lintang Selatan dan  $113^{\circ} 53'$  —  $114^{\circ} 38'$  Bujur Timur. Adapun batas-batas wilayah Kabupaten Banyuwangi adalah sebagai berikut :

Sebelah Utara : Kabupaten Situbondo

Sebelah Timur : Selat Bali

Sebelah Selatan : Samudera Indonesia

Sebelah Barat : Kabupaten Jember dan Bondowoso

#### **2.4 Tinjauan tentang Tanaman Pakcoy**

Pakcoy (*Brassica rapa* L.) merupakan salah satu sayuran yang terdapat di dataran tinggi Kabupaten Karo. Pakcoy adalah tanaman jenis sayur-sayuran yang termasuk keluarga *Brassicaceae*. Tumbuhan pakcoy berasal dari China dan telah dibudidayakan setelah abad ke-5 secara luas di China Selatan dan China Pusat serta Taiwan. Sayuran ini merupakan introduksi baru di Jepang dan masih sefamili dengan *Chinesse vegetable*. Saat ini pakcoy dikembangkan secara luas di Filipina, Malaysia, Indonesia dan Thailand (Paat, 2012).



**Gambar 2.2 Pakcoy (*Brassica rapa* L.)**  
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2016)

#### **2.4.1 Klasifikasi Pakcoy**

Menurut Pandey (1981) kedudukan pakcoy dalam taksonomi tumbuhan diklasifikasikan sebagai berikut sebagai berikut :

Kingdom : *Plantae*  
 Divisi : *Spermatophyta*  
 Kelas : *Dicotyledonae*  
 Ordo : *Brassicales*  
 Famili : *Brassicaceae*  
 Genus : *Brassica*  
 Spesies : *Brassica rapa* L.

#### **2.4.2 Morfologi Tanaman Pakcoy**

Daun tanaman pakcoy bertangkai, berbentuk agak oval, berwarna hijau tua dan mengkilap, tidak membentuk kepala, tumbuh agak tegak atau setengah mendatar, tersusun dalam spiral yang rapat, melekat pada batang yang tertekan.



Tangkai daunnya berwarna putih atau hijau tua, gemuk dan berdaging, tanaman ini tingginya 15-30 cm (Rubatzky dan Yamaguchi, 1998).

#### **2.4.3 Proses Penyerapan Logam oleh Tanaman**

Istilah tumbuhan adalah berbeda dengan tanaman. Tanaman adalah tumbuhan yang dimanfaatkan untuk kebutuhan hidup manusia termasuk kepentingan ekonomi. Sedangkan istilah tumbuhan digunakan untuk pemanfaatan tumbuhan dalam penyelesaian masalah lingkungan (Mangkoedihardjo & Samudro, 2010). Tumbuhan ataupun tanaman dapat berfungsi sebagai media pengaliran air dan penampungan air. Tumbuhan mampu mengalirkan air dalam jumlah banyak di hari terang, menyimpan air dalam tumbuhan untuk proses fotosintesis, dan melepaskan air ke udara (Mangkoedihardjo & Samudro, 2010).

Kebutuhan tanaman akan nutrisi membuat tanaman menyerap logam berat bersama hara yang ada pada media tanaman, dan selanjutnya logam berat akan masuk ke jalur transpor bersama zat hara. Logam berat diserap oleh akar tumbuhan dalam bentuk ion-ion yang larut dalam air seperti unsur hara yang ikut masuk bersama aliran air. Kontaminan atau logam berat terserap kedalam tumbuhan pada umumnya untuk kontaminan yang terlarut air. Namun beberapa zat sulit larut air dapat terserap tumbuhan, misalnya minyak, yang disebabkan oleh pelarutan eksudat tumbuhan yang berfungsi sebagai pelarut organik dan ikut menentukan pelarutan kontaminan. Lingkungan yang banyak mengandung logam berat, membuat protein regulator dalam tumbuhan tersebut membentuk senyawa pengikat yang disebut fitokhelatin. Fitokhelatin merupakan peptida yang

mengandung 2-8 asam amino sistein dipusat molekul serta suatu asam glutamat dan sebuah plisin pada ujung yang berlawanan (Isa, dkk. 2014).

Fitokhelatin dibentuk dalam nukleus yang kemudian melewati retikulum endoplasma (RE), aparatus golgi, vasikula sekretori untuk sampai kepermukaan sel. Bila bertemu dengan Hg serta logam berat lainnya fitokhelatin akan membentuk ikatan sulfida diujung belerang pada sistem dan membentuk senyawa kompleks sehingga Hg dan logam berat lainnya akan terbawa menuju jaringan tumbuhan. Logam Hg dapat masuk dalam sel dan berikatan dengan enzim sebagai katalisator, sehingga reaksi kimia di sel tanaman akan terganggu. Gangguan dapat terjadi pada jaringan epidermis, sponsa dan palisade. Kerusakan tersebut dapat ditandai dengan nekrosis dan klorosis pada tanaman (Haryati, dkk. 2012).

Menurut Priyanto dan Prayitno (2007) bahwa, penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses yang sinambung, yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut. Penyerapan oleh akar dilakukan dengan membawa logam ke dalam larutan disekitar akar (rizosfer) dengan beberapa cara bergantung pada spesies tumbuhannya. Setelah logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam harus ditranslokasi di dalam tubuh tumbuhan melalui jaringan pengangkut, yaitu xilem dan floem, kebagian tumbuhan lain, untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan, logam diikat oleh molekul khelat.

Proses secara alami dengan enam tahap proses secara serial yang dilakukan tumbuhan terhadap zat terkontaminan/pencemar yang disekitarnya :

- 1) Phytoaccumulation (phytoextraction) yaitu proses tumbuhan menarik zat kontaminasi dari media sehingga berakumulasi disekitar akar tumbuhan. Proses ini disebut juga hyperaccumulation.
- 2) Rhizofiltration (rhizo = akar) adalah proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar untuk menempel pada akar.
- 3) Phytostabilization yaitu penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap ke dalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut menempel erat (stabil) pada akar sehingga tak akan terbawa oleh aliran air dalam media.
- 4) Rhizodegradation disebut juga *enhanced rhizosphere biodegradation, or plant assisted bioremediation degradation*, yaitu penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang ada disekitar tumbuhan. Misalnya ragi, fungi, dan bakteri.
- 5) Phytodegradation (phyto transformation) yaitu proses yang dilakukan tumbuhan menguraikan zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan susunan molekul yang lebih sederhana yang dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri. Proses ini berlangsung di daun, batang, akar atau diluar sekitar akar dengan bantuan enzim yang dikeluarkan oleh tumbuhan itu sendiri.

- 6) Phytovolatilization yaitu proses menarik dan transpirasi zat kontaminan oleh tumbuhan dalam bentuk yang telah larut terurai sebagai bahan yang tidak berbahaya lagi untuk selanjutnya diuapkan ke atmosfer (Isa, dkk. 2014).

Hilangnya kandungan Hg dan logam berat lainnya dalam media tanam tidak seluruhnya diserap oleh tanaman ini disebabkan logam yang sudah masuk ke dalam tubuh tanaman akan dieksresi dengan cara menggugurkan daunnya yang sudah tua sehingga nantinya dapat mengurangi kadar logam. Logam tidak seluruhnya masuk ke dalam tanaman disebabkan karena pengendapan logam berupa molekul garam dalam air (Haryati, dkk. 2012).

## **2.5 Jarak Tanam**

Pengaturan jarak tanam memegang peranan penting, sehingga persaingan terhadap radiasi suryadan dikurangi dan tanaman dapat menggunakan radiasi surya secara efisien. Disamping itu kepadatan populasi juga mempengaruhi persaingan tanaman dalam menggunakan lengas tanah dan unsur hara (Mimbar, 1990). Jarak tanam yang terlalu rapat akan menyebabkan kompetisi intra spesies.

Penggunaan jarak tanam pada dasarnya adalah memberikan kemungkinan tanaman untuk tumbuh dengan baik tanpa mengalami banyak persaingan dalam hal mengambil air, unsur-unsur hara, dan cahaya matahari untuk proses fotosintesis. Jarak tanam dengan jarak yang tepat sangat penting untuk tanaman dalam memperoleh ruang tumbuh yang seimbang. Harjadi (1979) menyatakan bahwa jarak tanam yang lebar memacu tumbuhnya gulma sehingga terjadi persaingan antar spesies sedangkan jarak tanam rapat mengakibatkan

kompetisi dalam spesies yang sama. Kompetisi terjadi karena memperebutkan faktor pertumbuhan antara lain cahaya, air dan unsur hara.

Jarak tanam ideal menurut Ramli & Adrianto (2015) penentuan pola tanam tanaman tergantung kesuburan tanah dan varietas tanaman dengan jarak 50 X 50 cm. Pola penanaman ada dua yaitu larikan dan teratur seperti bujur sangkar; pola segi tiga sama sisi; pola segi empat dan pola barisan (barisan tunggal dan barisan ganda). Penggunaan jarak tanam mampu meningkatkan hasil dan kualitas dari tanaman sawi (Ramli & Adrianto, 2015). Pada penelitian Puspitasari (2012) tentang pengaruh macam bahan organik dan jarak tanam terhadap hasil dan kualitas tanaman sawi. Jarak tanam dengan jarak tanam yang panjang atau luas akan memberikan ruang pada tanaman untuk mengikat sebanyak mungkin unsur-unsur hara dan kandungan protein pada tanaman sawi meningkat tinggi pada perlakuan jarak (25x25) cm.

## **2.6 Pengaruh Jarak Tanam Terhadap Kandungan Merkuri (Hg) Pada Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Di Lahan Pertanian Sekitar Pertambangan Emas Rakyat Kecamatan Pesanggaran Kabupaten Banyuwangi Sebagai Sumber Belajar Biologi**

Menurut Menurut Priyanto dan Prayitno (2007) bahwa, penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses yang sinambung, yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut. Penyerapan oleh akar dilakukan dengan membawa logam ke dalam larutan disekitar akar (rizosfer) dengan beberapa cara bergantung pada spesies tumbuhannya.

Setelah logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam harus ditranslokasi di dalam tubuh tumbuhan melalui jaringan pengangkut, yaitu xilem dan floem, ke bagian tumbuhan lain, untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan, logam diikat oleh molekul khelat. Berbagai molekul khelat yang berfungsi mengikat logam dihasilkan oleh tumbuhan. Tumbuhan dalam mencegah peracunan logam terhadap sel, tumbuhan mempunyai mekanisme detoksifikasi yaitu dengan melokalisasi logam pada jaringan, misalnya dengan menimbung logam di dalam organ tertentu seperti akar (untuk Pb pada *Ipomea sp*), trikhoma (untuk Cd), dan lateks (untuk Ni pada *acuminata*). Menurut Murdhiani (2012) dua jalan masuknya Pb dan logam lainnya ke dalam tanaman yaitu melalui akar dan daun.

Penggunaan jarak tanam pada dasarnya adalah memberikan kemungkinan tanaman untuk tumbuh dengan baik tanpa mengalami banyak persaingan dalam hal mengambil air, unsur-unsur hara, dan cahaya matahari untuk proses fotosintesis. Jarak tanam dengan jarak yang tepat sangat penting untuk tanaman dalam memperoleh ruang tumbuh yang seimbang. Harjadi (1979) menyatakan bahwa jarak tanam yang lebar memacu tumbuhnya gulma sehingga terjadi persaingan antar spesies sedangkan jarak tanam rapat mengakibatkan kompetisi dalam spesies yang sama. Kompetisi terjadi karena memperebutkan faktor pertumbuhan antara lain cahaya, air dan unsur hara.

Pada penelitian Puspitasari (2012) tentang pengaruh macam bahan organik dan jarak tanam terhadap hasil dan kualitas tanaman sawi. Jarak tanam dengan jarak tanam yang panjang atau luas akan memberikan ruang pada tanaman

untuk mengikat sebanyak mungkin unsur-unsur hara dan kandungan protein pada tanaman sawi meningkat tinggi pada perlakuan jarak (25x25) cm.

## 2.7 Tinjauan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS/SSA)

Spektrofotometer Serapan Atom (AAS/SSA) merupakan teknik analisis kuantitatif dari unsur-unsur yang pemakaiannya sangat luas di berbagai bidang karena prosedurnya selektif, spesifik, biaya analisisnya relatif murah, sensitivitasnya tinggi (ppm, ppb), dapat dengan mudah membuat matriks yang sesuai dengan standar, waktu analisis sangat cepat dan mudah dilakukan. AAS pada umumnya digunakan untuk analisa unsur, spektrofotometer absorpsi atom juga dikenal sistem single beam dan double beam layaknya Spektrofotometer UV-VIS. Sebelumnya dikenal fotometer nyala yang hanya dapat menganalisis unsur yang dapat memancarkan sinar terutama unsur golongan IA dan IIA (Sari, 2009).

Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) pertama kali dikembangkan oleh Walsh Alkamede, dan Metals (1995). SSA ditujukan untuk mengetahui unsur logam renik di dalam sampel yang dianalisis. Spektrofotometri Serapan Atom didasarkan pada penyerapan energi sinar oleh atom-atom netral dalam keadaan gas, untuk itu diperlukan kalor / panas. Alat ini umumnya digunakan untuk analisis logam sedangkan untuk non logam jarang sekali, Mengingat unsur non logam dapat terionisasi dengan adanya kalor, sehingga setelah dipanaskan akan sukar didapat unsur yang terionisasi (Maria, 2006).

Pada metode ini larutan sampel diubah menjadi bentuk aerosol didalam bagian pengkabutan (*nebulizer*) pada alat AAS selanjutnya diubah ke dalam bentuk atom-atomnya berupa garis didalam nyala. Metode SSA spesifikasinya

tinggi yaitu unsure-unsur dapat ditentukan meskipun dalam campuran. Pemisahan, yang penting untuk hampir-hampir semua analisis basah, boleh dikatakan tidak diperlukan, menjadikan Spektrofotometri Serapan Atom sederhana dan menarik. Kenyataan ini, ditambah dengan kemudahan menangani Spektrofotometri Serapan Atom modern, menjadikan analisis rutin dapat dilakukan cepat dan ekonomis oleh tenaga laboratorium yang belum terampil (Maria, 2006).

## **2.8 Sumber Belajar**

Sumber belajar merupakan komponen yang sangat penting dalam menunjang proses belajar mengajar. Menurut Kusuma (2012) sumber belajar merupakan berbagai atau semua sumber baik yang berupa data, orang dan wujud tertentu yang dapat digunakan oleh siswa dalam belajar baik secara terpisah maupun secara terkombinasi, sehingga mempermudah siswa dalam mencapai tujuan belajarnya. Sumber belajar dirumuskan sebagai segala sesuatu yang dapat memberikan kemudahan-kemudahan kepada peserta didik dalam memperoleh sejumlah informasi, pengetahuan, pengalaman, dan keterampilan dalam proses belajar-mengajar.

Sumber belajar dapat berupa segala sesuatu yang ada baik manusia, bahan, alat, pesan, teknik, maupun lingkungan yang dapat dijadikan tempat untuk mengungkap suatu pengalaman belajar dan memberikan kemudahan-kemudahan dalam memperoleh informasi, pengetahuan, pengalaman, dan keterampilan dengan tujuan untuk meningkatkan pengetahuan, pemahaman, keterampilan dan sikap yang lebih baik. Sumber belajar memungkinkan dan memudahkan



terjadinya proses belajar. Sumber belajar Biologi dalam proses pembelajaran Biologi dapat diperoleh di sekolah atau di luar sekolah (Kusuma, 2012).

### **2.8.1 Jenis-Jenis Sumber Belajar**

Menurut jenisnya sumber belajar tersebut ada 2 macam yaitu sumber belajar yang dirancang dan sumber belajar yang dimanfaatkan. Menurut Kusuma, (2012) jenis sumber belajar adalah sebagai berikut:

#### **2.8.1.1 Sumber Belajar yang dirancang (*Learning Resources By Design*)**

Sumber belajar yang secara khusus dirancang atau dikembangkan sebagai komponen sistem instruksional untuk memberikan fasilitas belajar yang terarah dan bersifat formal.

#### **2.8.1.2 Sumber Belajar yang dimanfaatkan (*Learning Resources By Utilization*)**

Sumber belajar yang tidak didesain khusus untuk keperluan pembelajaran dan keberadaannya dapat ditemukan, diterapkan dan dimanfaatkan untuk keperluan pembelajaran.

### **2.8.2 Pemanfaatan Poster sebagai Sumber Belajar Biologi pada Materi Pencemaran Lingkungan**

Menurut Wasino (2010) bahan ajar (*teaching material*) merupakan bagian dari sumber belajar. Bahan ajar adalah segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu guru dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar. Ada banyak bentuk bahan ajar, antara lain : (a) bahan cetak seperti : hand out, buku, modul, lembar kerja siswa, brosur, poster, wallchart, (b) Audio visual seperti :

video/filem, VCD, (c) Audio seperti : radio, kaset, CD audio, PH, (d) Visual : Foto, gambar, model/maket, (e) Multi Media : CD interaktif, computer based, internet.

Pencemaran lingkungan merupakan satu dari beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kualitas lingkungan. Pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, dan atau komponen lain ke dalam lingkungan, atau berubahnya tatanan lingkungan (Sulistyorini, 2009). Hasil dari penelitian dapat dimanfaatkan sebagai sumber belajar biologi yang digunakan dalam pembelajaran Biologi di SMA Kelas X. Materi pembelajaran yang tepat untuk pemanfaatan hasil penelitian yaitu pada materi ke 10 dalam silabus mengenai Perubahan Lingkungan/ iklim dan daur ulang limbah pada KD 3.10. Memecahkan masalah lingkungan dengan membuat desain produk daur ulang limbah dan upaya pelestarian lingkungan. Penggunaan bahan ajar yang sesuai dalam proses pembelajaran dapat membantu guru dalam proses penyampaian materi. Poster merupakan salah satu bahan ajar yang tepat digunakan sebagai sumber pembelajaran materi pencemaran lingkungan.

Poster secara bahasa diartikan sebagai gambar ataupun tulisan ditempel di dinding tembok atau tempat umum untuk menyampaikan pengumuman atau iklan kepada khalayak luas. Poster merupakan gagasan yang disampaikan dalam bentuk ilustrasi gambar atau tulisan yang disederhanakan dan ukurannya besar, bertujuan untuk menarik perhatian, membujuk, memotivasi, atau memperingatkan pada gagasan pokok, fakta, atau peristiwa tertentu (Rumalean, 2014).

Secara umum poster yang baik adalah : (1) sederhana sehingga mudah dipahami, (2) mampu menyajikan satu ide dan mampu mencapai satu tujuan pokok, (3) berwarna yang berfungsi untuk menarik perhatian, (4) slogannya ringkas dan jitu sehingga tidak membosankan, (5) tulisannya jelas tidak menyulitkan, (6) motif dan desain bervariasi (Sudjana dan Rivani, 1991).

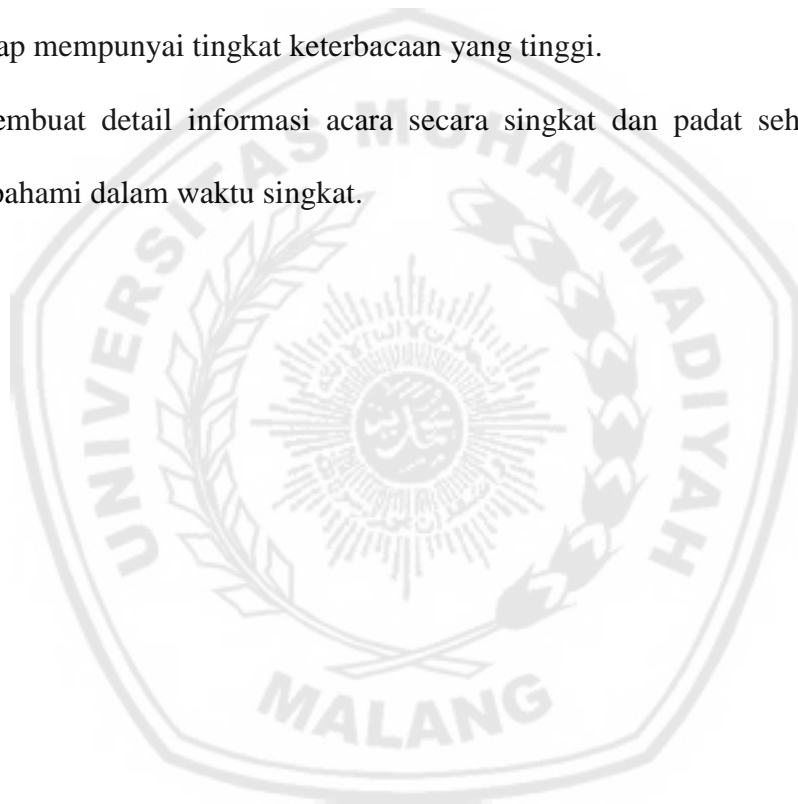
Beberapa manfaat poster dari segi pendidikan yaitu : (1) memotivasi, (2) sebagai peringatan, dan (3) pengalaman kreatif. Sedangkan kelebihan poster adalah (1) poster memiliki warna yang menarik dan memiliki daya tertarik yang khusus, (2) poster bisa disertai dengan ilustrasi berupa uraian dan pernyataan sehingga menarik perhatian siswa, dan (3) poster memuat keterangan sehingga lebih memudahkan pemahaman siswa (Rumalean Iwan, 2014).

Rumalean (2014) mengemukakan bahwa jenis-jenis poster sebagai berikut : (a) poster pendidikan, merupakan poster bertema pendidikan; (b) poster kegiatan, dibuat untuk menyosialisasikan suatu kegiatan; (c) poster niaga, dibuat untuk keperluan kegiatan niaga atau kegiatan suatu usaha; (d) poster hiburan, dibuat untuk kegiatan yang bersifat hiburan; (e) poster lingkungan, bertema lingkungan; (f) poster penerangan, biasanya dibuat oleh lembaga atau instansi tertentu untuk memberikan informasi kepada masyarakat tentang program atau informasi tertentu yang perlu diketahui.

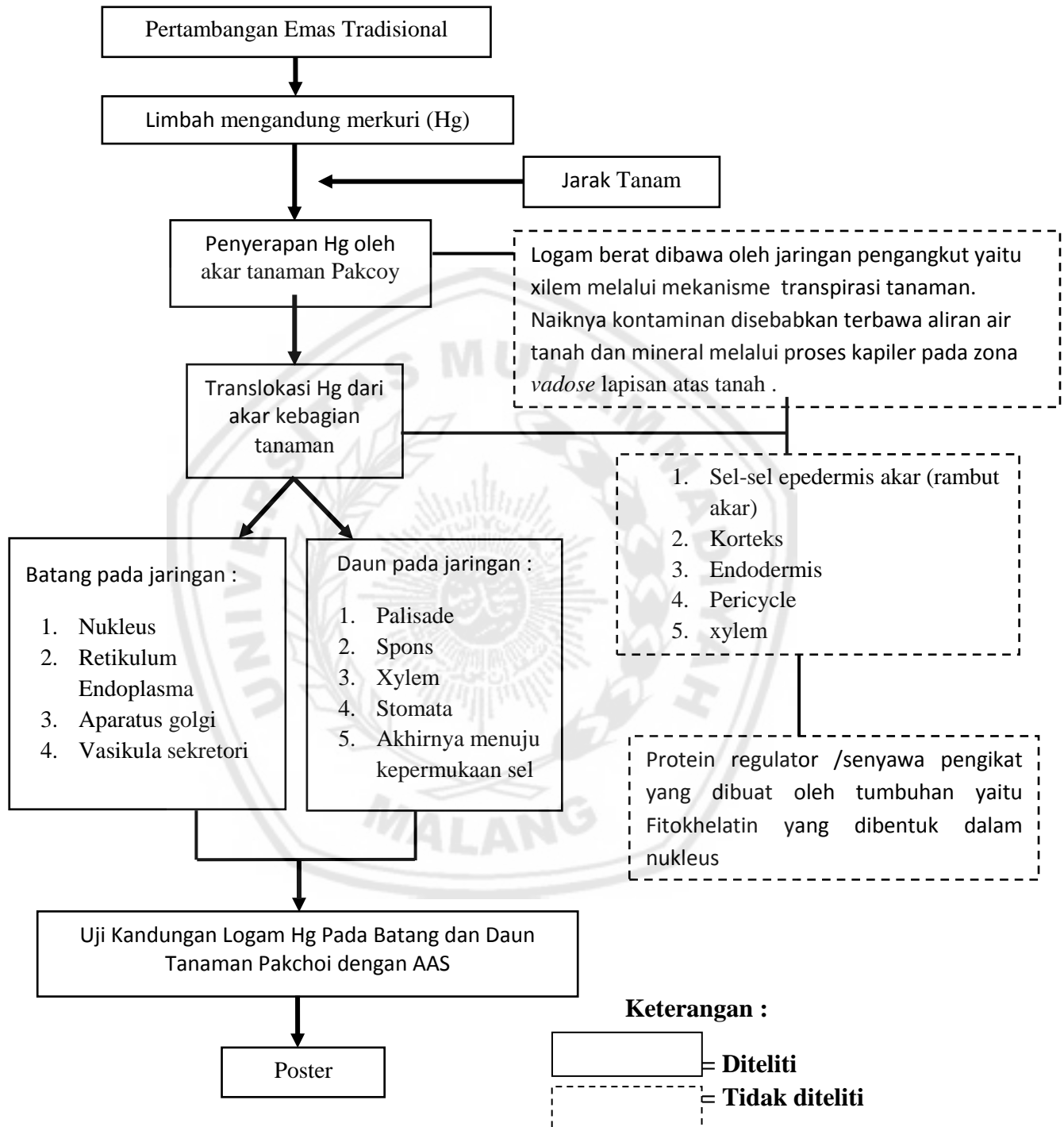
Menurut Kusrianto dan Adi (2006) langkah-langkah penyusunan poster adalah sebagai berikut :

1. Memikirkan 1 tema untuk poster yang akan dibuat

2. Mengumpulkan foto-foto data visual yang berhubungan dengan tema, kemudian susunlah
3. Menjadikan ilustrasi semenarik mungkin. Dalam poster, ilustrasi mempunyai peranan tertinggi dalam menarik perhatian
4. Membuat judul yang singkat dan jelas karena target audience tidak akan membaca lebih dari 7 detik. Pilih jenis huruf yang sesuai dengan tema tetapi tetap mempunyai tingkat keterbacaan yang tinggi.
5. Membuat detail informasi acara secara singkat dan padat sehingga mudah dipahami dalam waktu singkat.



## 2.8 Kerangka Konsep



## 2.9 Hipotesis

Adapun hipotesis dalam penelitian ini yaitu :

1. Jarak tanam berpengaruh terhadap penurunan kadar logam berat merkuri (Hg) pada tanaman pakchoi.
2. Penelitian pengaruh jarak tanam terhadap penurunan logam berat merkuri (Hg) pada tanaman pakchoi (*Brassica rapa* L.) dapat digunakan sebagai sumber belajar biologi berupa Poster.

